자외선 조사 방향에 따른 화장품 항균 효율성에 대한 연구

황유진*, 정재영O
*가천대학교 의용생체공학과,
O가천대학교 의용생체공학과
e-mail: gene@gachon.ac.kr*, jini656565@naver.comO

A Study of Antibacterial Efficiency according to Direction of UV Irradiation in Cosmetic Case

You-Jin Hwang*, Jae-Young JeongO
*Dept. of Biomedical Engineering, Gachon University,
ODept. of Biomedical Engineering, Gachon University

● 요 약 ●

본 연구에서는 자외선 조사 방향에 따른 화장품 항균 효율성을 확인하고자 하였다. 실험에는 그람양성균인 *S.aureus*를 사용하여 자외선의 실효 조사 각을 측정하였고 자외선 조사 방향에 따른 거리별 항균 영역의 변화를 측정하였다. 그리고 자외선 수평 조사 시 항균 효율을 높일 수 있는 방법으로서 누출 자외선을 반사시키는 방법을 실험해보았다. 그 결과 자외선 조사 각은 제품 설명에 비해 더 작게 측정되었고 자외선 조사 방향에 따른 항균 영역의 경우 수직 조사 시 시료와의 거리가 멀어질수록, 수평 조사 시 시료와의 거리가 가까울수록 항균 영역이 증가하였다. 또한 자외선 수평 조사 시 누출 자외선을 반사시키는 것으로 항균 효율을 높일 수 있는 것을 확인할 수 있었다.

키워드: 자외선(UV), 항균(antibacterial), 효율(efficiency), 황색포도상구균(*Staphylococcus aureus*), 화장품(cosmetic)

I. Introduction

오늘날 화장품 산업은 미에 대한 대중들의 관심에 힘입어 고부가가치 상품으로 발전했다[1]. 하지만 이러한 대중들의 관심과는 다르게 화장품의 오염에 대한 위험성과 위생관리에 대한 인식은 크게 달라지지 않았다[1,2].

김선형 등(2009)의 연구에 따르면 사용한 크림형 화장품에서 다양한 유해 미생물들을 검출되었다고 김가나 등(2015)의 연구에 따르면 사용한 쿠션파운데이션에서 유해 미생물들이 검출되었다[1]. 검출된 유해 미생물들 중 황색포도상구균은 국내외 미생물 허용 기준치를 초과하는 모습을 보여주었다[1]. 황색포도상구균은 피부 염증을 일으키고 독소를 분비하는데 이 독소는 T 림프구의 면역반응을 일으켜 아토피 피부염과 같은 피부질환을 악화 시킨다[3,4]. 따라서 오염된 화장품의 사용은 미생물들에 의한 여러 피부질환을 일으킬 수 있다.

이러한 미생물에 의한 화장품의 오염을 개선할 수 있는 방안 중 한 가지가 자외선을 이용한 항균이다[5]. 자외선은 약 100nm에서 400nm까지의 파장을 가지는 전자기파이다[6]. 자외선은 조사 시 미생물 내 핵산 성분에 대사 장애를 일으켜 미생물의 증식능력을 제거함으로써 항균활성을 일으킨다[7]. 자외선은 핵산의 자외선 흡수율이 높은 파장, 즉 단파장의 자외선에서 항균활성이 가장 활발하게 일어나기 때문에 200nm에서 280nm 부근의 단파장 자외선인 UVC에서 가장 높은 항균 활성이 일어난다[8]. 또한, UVC는 경제성 및 편리성이 뛰어나 위행 및 항균 관리가 필요한 영역에서 유용하게 이용되고 있다[9].

하지만 자외선을 화장품 항균에 사용하기 위해서 고려해야 할 점이 있다. 자외선의 경우 기기의 출력이 강해질수록 항균력이 강해진다. 하지만 화장품은 휴대성을 높이기 위해서 케이스의 크기가 작아지고 있는 추세이기 때문에 제한된 공간의 화장품 케이스 내에서 사용되는 자외선 기기는 출력이 제한될 수 있다[10]. 때문에 높은 항균 효율을 보여줄 수 있는 방법을 찾을 필요가 있다. 이에 본 연구에서는 제한적인 공간을 가진 화장품 케이스 내에서 높은 효율을 보여줄 수 있는 자외선 조사 방향을 알아보고자 하였다. 또한, 자외선 조사 시 항균 효율을 더 높일 수 있는 방안을 구상해 보고자 하였다.

II. Materials and methods

1. Materials

1.1 Experimental materials

실험에 사용한 UVC 기기는 LEUVK37B0HF00 (LG Innotek, Gangseo-gu, Seoul, Korea)이다. UVC 기기의 특징은 Table. 1에 정리하였다.

Table 1. Characteristics of UVC machine

Characteristics	Value
Wavelength(nm)	278
Forward Voltage(V)	MAX 9
Forward Current(mA)	20
Beam Angle(°)	125
Size(mm)	3.4×3.4×1.62

세균 배양에는 배양기 LCC-150SP (LabTech, Namyangju-si, Korea), 도구 및 배지의 멸균은 고온고압멸균기 ES-315 (Tomy digital biology, Nerima-ku, Tokyo, Japan), 흡광도 측정은 흡광광도계 Multiskan FC (Thermo Fisher Scientific, Waltham, Massachusetts, USA)를 사용하였다.

1.2 Experimental reagents

균주의 배양에 사용된 Luria-Bertani(LB) Plate 1은 지름이 85mm인 Petri dish에, LB Plate 2는 지름이 47mm인 Petri dish에 만들어 사용하였다. LB Plate는 3차 증류수에 Sodium Chloride (Sigma Aldrich, Missouri, St.Lousis, USA) 1%, BactoTM Tryptone 1%, BactoTM Yeast Extract 0.5%, BactoTM Agar 1.5% (BD DIFCO, New Jersey, Franklin Lakes, USA)의 조성으로 혼합 후 고온고압 멸균하여 사용하였다. LB Broth은 BactoTM Agar를 제외한 LB Plate의 조성과 같이 혼합 후 고온고압 멸균하여 사용하였다.

1.3 Bacteria culture

실험에 사용한 황색포도상구균 (ATCC 29213) 은 한국미생물보존센터 (KCCM: Korean Culture Center of Microorganisms, Seodaemun-gu, Seoul, Korea)에서 분양 받았다. 황색포도상구균은 LB Broth에 접종하여 37℃에서 24시간 진탕배양하였다. 황색포도상구균 배양액은 진탕배양한 황색포도상구균을 200 ㎕ 기준, 595 nm에서 흡광도 0.4가 되도록 LB Broth에 희석하여 사용하였다.

2. Mathods

2.1 Measurement of change in antibacterial area by distance according to direction of UV irradiation

본 실험은 자외선 조사 방향에 따른 거리별 항균 영역의 변화를 측정하기 위한 실험이다. 실험군은 조사 방향을 수직과 수평으로 나누고 각각 LB Plate 1로부터의 거리를 10mm부터 30mm까지 10mm 간격으로 조사한 것으로 설정하였다. 대조군은 UVC를 조사하지 않은 표본으로 설정하였다.

실험은 다음과 같이 진행하였다. 황색포도상구균 배양액은 1/1000 비율로 희석하여 200㎕를 LB Plate 1에 도말하였다. UVC는 위에 설정한 실험군의 기준으로 황색포도상구균 배양액을 도말한 LB Plate 1에 5분간 조사하였다. UVC를 조사한 LB Plate 1은 배양기(37℃)에서 24시간 균을 배양하였다. 결과는 항균 영역의 너비를 측정하였다.

2.2 Measurement of effective irradiation angle of UV

본 실험은 실험에 사용한 자외선 기기의 UVC 실효 조사 각을 측정하기 위한 실험이다. 실험군은 UVC를 수직 조사하는 것으로 LB Plate 1로부터의 거리를 10mm부터 30mm까지 10mm 간격으로 조사한 것으로 설정하였다.

실험은 다음과 같이 진행하였다. 황색포도상구균 배양액은 1/1000 비율로 희석하여 200㎕를 LB Plate 1에 도말하였다. UVC는 위에 설정한 실험군의 기준으로 황색포도상구균 배양액을 도말한 LB Plate 1에 5분간 조사하였다. UVC를 조사한 LB Plate 1은 배양기(37℃)에서 24시간 균을 배양하였다. 자외선 기기의 조사 각은 배양 후 실험군들의 항균 영역의 너비를 측정하여 다음과 같은 수식으로 계산하였다.

$$\text{조사각}(^\circ) = 2\times\tan^{-1}\left|\frac{\text{실험군2 항균영역}(mm) - \text{실험군1 항균영역}(mm)}{2\times\text{두 실험군의 높이 차이}(mm)}\right|$$

2.3 Measurement of antibacterial activity according to reflection during horizontal UV irradiation

본 실험은 UVC를 수평으로 조사하였을 때의 효율성을 높이기 위한 방안을 구상하기 위한 실험이다. 실험군 1은 LB Plate 2에 2mm 높이에서 UVC를 수평 조사해주고 실험군 2는 실험군 1에서 알루미늄 포일을 LB Plate2에 원통형으로 둘러 누출 자외선을 반사시켜주는 것으로 설정하였다. 대조군은 UVC를 조사하지 않은 표본으로 설정하였다.

실험은 다음과 같이 진행하였다. 황색포도상구균 배양액은 1/5000 비율로 희석하여 100㎕를 LB Plate 2에 도말하였다. UVC는 위에 설정한 실험군의 기준으로 황색포도상구균 배양액을 도말한 LB Plate 2에 5분간 조사하였다. UVC를 조사한 LB Plate 2는 배양기(37℃)에서 24시간 균을 배양하였다. 결과는 평판계수법으로 황색포도상구균의 콜로니 수를 측정하는 방식으로 3회 실시하여 평균값을 도출하였다.

$$\text{항균력}(\%) = \frac{\text{대조군의 콜로니 수}(n) - \text{실험군의 콜로니 수}(n)}{\text{대조군의 콜로니 수}(n)} \times 100$$

III. Results

1. Measurement of change in antibacterial area by distance according to direction of UV irradiation

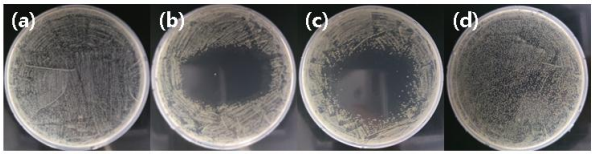

Fig. 1. Results of measurement of change in antibacterial area of vertical UV irradiation. (a) is a control, (b) is irradiated at a height of 10 mm, (c) is 20 mm, (d) is 30 mm.

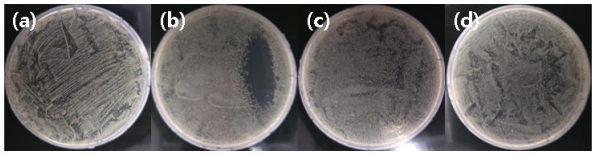

Fig. 2. Results of measurement of change in antibacterial area of horizontal UV irradiation. (a) is a control, (b) is irradiated at a height of 10 mm, (c) is 20 mm, (d) is 30 mm.

Table. 2. Results of measurement of change in antibacterial area by distance according to direction of UV irradiation.

Item	Antibacterial area(mm)	
	Vertical	Horizontal
Control	0	0
10mm	35	16
20mm	43	0
30mm	0	0

Fig. 1의 결과는 수직 조사의 경우 10mm의 높이에서 35mm, 20mm의 높이에서 43mm, 30mm의 높이에서 0mm의 항균 너비를 보여줬다. Fig. 2의 결과는 수평 조사의 경우 10mm의 높이에서 16mm, 20mm의 높이에서 0mm, 30mm의 높이에서 0mm의 항균 너비를 보여줬다. 본 실험을 통해 수직 조사의 경우 기기의 출력에 한해서 거리가 멀어질수록 항균 영역이 커지는 모습을 보여주었고, 수평 조사의 경우 거리가 멀어질수록 항균 영역이 작아지는 모습을 보여주었다.

2. Measurement of effective irradiation angle of UV

자외선 기기의 실효 조사 각은 Fig. 1의 (a)와 (b), (c)의 결과를 바탕으로 계산하였다. 앞서 기입한 식에 측정값을 대입한 결과 대조군 (a)와 10mm를 떨어뜨린 (b) 사이에서는 Table. 1에 기입되어 있는 기기의 조사 각인 125°와 근사한 120°가 나왔다. 하지만 10mm를 떨어뜨린 (b)와 20mm를 떨어뜨린 (c) 사이에서는 77°가 나왔다. 이를 통해 거리가 멀어질수록 실효 조사 각이 작아진다는 것을 알게 되었다.

3. Measurement of antibacterial activity according to reflection during horizontal UV irradiation

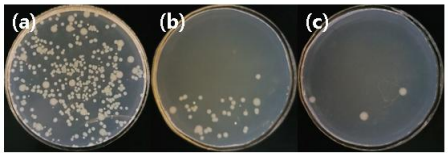

Fig. 3. Results of measurement of antibacterial activity according to reflection during horizontal UV irradiation. (a) is the control, (b) is the result of not reflecting leaking UV, (c)is the result of reflecting leaking UV.

Table. 3. Results of measurement of antibacterial activity according to reflection during horizontal UV irradiation

Item	Colony no. (SD)	Reduction rate (%)
Control	440.67 (±57.19)	0
Reflect X	85.33 (±71.35)	80.64
Reflect O	2.00 (±1.91)	99.55

실험 결과 Fig. 3와 같이 대조군인 (a)에서는 평균 콜로니 수가 440.67±57.19개, 누출 자외선 반사 없이 수평 조사만 했을 경우는 (b)에서는 85.33±71.35개, 누출 자외선을 반사하며 수평 조사를 한 (c)에서는 2.00±1.91개의 콜로니가 측정되었다. 이 결과 (b)의 콜로니 감소율은 80.64%, (c)의 콜로니 감소율은 99.55%을 보였다. 본 실험을 통해 누출 자외선을 반사시켰을 시 반사를 하지 않을 때 보다 높은 항균력을 가질 수 있다는 사실을 알 수 있었다.

IV. Conclusions

본 연구에서는 화장품에 잔존할 수 있는 미생물 중 황색포도상구균을 대상으로 자외선 조사 방향에 따른 화장품 항균 효율성을 측정해보았다. 실험 결과 자외선 조사 방법에 따른 거리별 항균 영역의 경우 거리가 멀어질수록 수직 조사를 했을 때는 커졌고 수평 조사를 했을 때는 작아졌다[Table. 2]. 자외선 기기의 조사 각은 시료와의 거리가 멀어질수록 조사 각이 작아졌다. 또한 자외선을 수평 조사 했을 때 누출 자외선을 반사해 주었을 때 반사해 주지 않았을 때보다 더 높은 항균력을 보여줬다[Table. 3].

이를 통해 자외선은 시료와의 거리가 가까울수록 항균력을 보인다는 것을 알 수 있었고 자외선 기기와 시료 간의 거리가 가까울수록 항균 영역이 넓어지는 방법은 수평 조사였기 때문에 제한된 공간을

가진 화장품 케이스 내에서는 자외선을 수평 조사해주는 것이 더 높은 항균 효율을 보여준다는 것을 알 수 있었다. 또한 자외선을 수평조사 해주었을 때 누출 자외선을 반사시켜주는 것으로 항균 효율을 높여줄 수 있다는 것을 알게 되었다. 하지만 본 연구에서는 황색포도상구균만을 사용하였기 때문에 다른 미생물에 대한 항균력 확인과 항균 효율을 높일 수 있는 다양한 방안에 대한 연구도 필요할 것이라 생각된다.

REFERENCES

[1] G. Kim, and S. Kim, "A Study of Microbial Contamin ation in Cushion Foundation - Focused on the Sponge and puff -," Journal of Korean Beauty Society, Vol. 21, No. 6, pp. 1125-1130, 2015.

[2] S. Kim, and D. Lim, “A Study of the Proper Use of Cosmetics and Microbial Contamination over Time,” Journal of Korean Beauty Society, Vol. 15, No. 3, pp. 1059-1065, Aug. 2009.

[3] T. Zollner, T. Wichelhaus, A. Hartung, C. Mallinckrodt, and T. Wagner, “Colonization with superantigen-produc ing *Staphylococcus aureus* is associated with incresed severity of atopic dermatits,” Clin. Exp. Allergy, Vol. 30, No. 7, pp. 994-1000, 2001. DOI : https://doi.org/10.104 6/j.1365-2222.2000.00848.x

[4] C. Bachert, P. Gevaert, and P. Cauwenberge, “*Staphyloc occus aureus* enterotoxins: a key in airway disease,” Allergy, Vol. 57, No. 6, pp. 480-487, Feb. 2002. DOI : https://doi.org/10.1034/j.139 8-9995.2002.02156.x

[5] J. Song, E. Bae, “A Study on Analysis as a Case Study for the Cosmetic Container through the improvement Cosmetics Microorganism Pollution”, Journal of the Korean Society Design Culture, Vol. 21, No. 4, pp. 297-307, Dec, 2015.

[6] C. Mok, N. Lee, "Ultraviolet Inactivation, of Escherichia coli in Stainless Steel Cups," Food Engineering Progress, Vol. 13, No. 2, pp. 122-129, May. 2009.

[7] C. Kim, and Q. Chae, “The inactivation effects of UV light on bacteriophage f2,” Korean Journal of Applied Microbiology and Biotechnology, Vol. 11, No. 3, pp. 155-161, 1983.

[8] I. Lee, J. Park, S. Kim, J. Cha, K. Choi, and B. Lee, "Disinfection of *Coliform Bacteria, Fungi and Pathogen ic Bacteria* by UV and Photocatalytic Effects", Korean Society Of Engineers, Vol. 23, No. 3, pp. 473-483, Feb. 2001.

[9] H. B. Na and Y. J. Jang, “A Study on Development of Home Knife and Cutting Board Sterilizer Product Design Sterilization Function,” *Journal of Cultural Product & Design*, Vol. 50, No. 0, pp. 165-178, 2017. DOI : http://dx.doi.org/10.18555/kicpd.2017.50.15

[10] Ybyoo, “Cosmetic Case and Commercialization Factor Analysis,” Information Analysis Report, KISCI, Korea, pp. 1-63, 2013.